



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 101 22 823 A 1

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
F 16 H 47/04

21 Aktenzeichen: 101 22 823.6  
22 Anmeldetag: 11. 5. 2001  
43 Offenlegungstag: 14. 11. 2002

DE 101 22 823 A 1

71 Anmelder:  
ZF Friedrichshafen AG, 88046 Friedrichshafen, DE

72 Erfinder:  
Ulbrich, Peter, Behamberg, AT; Leitner, Josef,  
Dipl.-Ing., Kollerschlag, AT

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

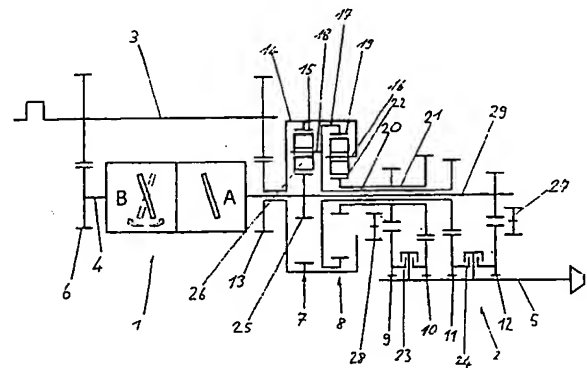
DE 41 15 624 C2  
DE 40 30 050 C2  
DE 39 03 876 C1  
DE 198 43 069 A1  
DE 40 27 724 A1  
DE 38 15 780 A1  
DE 27 58 659 A1

JARCHOW, Friedrich: Fünfwellige Planetenzahnrad-  
getriebe für stufenlose hydrostatische Getriebe  
mit Lastschaltgängen-SHL-Getriebe, VDI Verein  
Deutscher Ingenieure, 29./30. März 2001, Kassel,  
S.1-21;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Leistungsverzweigungsgetriebe

57 Ein hydrostatisch-mechanisches Leistungsverzweigungsgetriebe mit stufenlos veränderlichem Übersetzungsverhältnis weist einen hydrostatischen Getriebeteil (1) und einen mechanischen Getriebeteil (2) auf, der aus zwei Planetengetrieben (7, 8) als Summierungsgetriebe und einem Bereichsgetriebe mit vier Stirnradstufen (9, 10, 11, 12) besteht. Das Leistungsverzweigungsgetriebe besteht aus einem rein hydrostatischen Übergangsfahrbereich für Geschwindigkeiten zwischen geringer Rückwärts- und geringer Vorwärtsfahrt ohne eine Bereichsübergabe und ohne das Schalten von Kupplungseinrichtungen (23, 24), insbesondere bei Geschwindigkeit Null, und einem an diesen anschließenden stufenlosen hydrostatisch-mechanischen Fahrbereich mit Leistungsverzweigung für höhere Geschwindigkeiten.



DE 101 22 823 A 1

## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein hydrostatisch-mechanisches Leistungsverzweigungsgetriebe für Kraftfahrzeuge, insbesondere für landwirtschaftliche Nutzfahrzeuge, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Hydrostatisch-mechanische Leistungsverzweigungsgetriebe bestehen aus einem stufenlos verstellbaren Hydrostatgetriebe mit einer volumenverstellbaren und einer volumenkonstanten Einheit oder zwei volumenverstellbaren Einheiten, einem Summierungsgetriebe und einem Bereichsgetriebe mit mehreren schaltbaren Gängen. Die über eine Antriebswelle eingeleitete Leistung verzweigt sich zum einen zu dem Hydrostatgetriebe und zum anderen auf eine Eingangswelle des Summierungsgetriebes. Durch das Summierungsgetriebe werden die Drehzahlen und Drehmomente des Hydrostatgetriebes und der Antriebsmaschine zusammengeführt. Mit Hilfe von Schaltkupplungen sind verschiedene Gänge anwählbar, indem die Ausgangswelle des Summiergetriebes über unterschiedliche Stirnradstufen mit der Abtriebswelle gekoppelt wird. Stufenlose Getriebe haben gegenüber mechanischen Getrieben den Vorteil, dass in jedem Fahrzustand mit optimaler Motordrehzahl gefahren werden kann und keine Zugkraftunterbrechung beim Schalten auftritt.

[0003] In der DE 39 03 877 ist ein hydrostatisch-mechanisches Leistungsverzweigungsgetriebe offenbart, das aus einem vierwelligen Zahnrad-Planetengertriebe und einem dazu parallel angeordneten stufenlos einstellbaren hydrostatischen Getriebe sowie weiteren Zahnradern besteht. Durch Schalt-Zahnkupplungen werden mehrere Gänge realisiert, in denen jeweils das hydrostatische Getriebe eine stufenlose Verstellung der Übersetzungen des Gesamtgetriebes bewirkt. Der Gangwechsel erfolgt bei synchronen Drehzahlen lastfrei und ohne Zugkraftunterbrechung. Durch die Gestaltung der Schalt-Zahnkupplungen und der vorgesehenen Steuerung beim Umschaltvorgang kann das Einlegen eines neuen Ganges und das anschließende Auslegen des alten Ganges ohne jeden Ruck erfolgen. Der Rückwärtsgang wird durch einen eigenen Zahnradsatz und eine entsprechende Kupplungseinstellung realisiert, die zum Einlegen des Rückwärtsganges zu betätigen ist.

[0004] Aus WO 97/01049 ist ein Leistungsverzweigungsgetriebe bekannt, das mit in einem Getriebegehäuse angeordneten mechanischen und hydrostatischen Leistungszweig versehen ist. Beide Zweige werden über eine gemeinsame Antriebswelle angetrieben und in einem Koppelgetriebe summiert. Das Koppelgetriebe weist mehrere Planetenradsätze und Kupplungen auf und steht mit einer Abtriebswelle in Verbindung. Das Koppelgetriebe ist auf der Antriebswelle angeordnet. Der letzte Planetenradsatz des Koppelgetriebes ist mit Kupplung für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt verbindbar, wobei diese Kupplungen mit der Abtriebswelle verbindbar sind. Die Betriebsänderung vom Vorwärts- zum Rückwärtsgang und umgekehrt wird über das Zusammenspiel der Kupplungen erreicht. Bei Stillstand, d. h. der Drehzahl Null, sind beide Kupplungen geschlossen. Je nach gewünschter Fahrtrichtung muss daher zunächst die entsprechende Kupplung betätigt werden.

[0005] In der WO 99/15813 sind verschiedene Ausführungsformen eines hydrostatisch-mechanischen Leistungsverzweigungsgetriebes gezeigt, beim dem zumindest das Summierungsgetriebe und die Kupplungen oder auch das Hydrostatgetriebe koaxial zueinander angeordnet sind (In-Line-Bauweise). Zur Anpassung der nötigen Zugkraft kann ein Gruppen-Getriebe mit z. B. einer Acker- und einer Straßengruppe vorgesehen sein. Das Wechseln zwischen diesen Gruppen sowie zwischen Vorwärts- und Rückwärtsfahrt

wird durch Betätigen einer entsprechenden Kupplung verwirklicht. Die Umschaltung in den jeweils anderen Bereich erfolgt vorzugsweise nach einer definierten Verweildauer am entsprechenden Übersetzungspunkt oder innerhalb eines begrenzten Übersetzungsbereiches, d. h. bei Stillstand oder gleichbleibender Geschwindigkeit.

[0006] Derartigen Getrieben ist gemeinsam, daß das hydrostatische Getriebe mit einem mechanischen Mehrbereichsschaltgetriebe verbunden ist.

[0007] Innerhalb der Bereiche wird das stufenlose Fahren durch Verstellen der Hydrostateinheit erreicht. Um die gesamte Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs abzudecken, ist ein Wechsel in verschiedene Bereiche durch Schalten von Kupplungen notwendig. Diese werden bei Synchrondrehzahl geschaltet, so daß es zu keiner Zugkraftunterbrechung kommt.

[0008] Beim Schalten von Vorwärtsfahrtrichtung auf Rückwärtsfahrtrichtung und umgekehrt kommt es aber durch den Kuppelvorgang zu einer Zeitverzögerung. Vor allem bei landwirtschaftlichen Nutzfahrzeugen, die einsatzbedingt häufig und in hoher Frequenz die Fahrtrichtung wechseln müssen, wird dies als unangenehm empfunden.

[0009] Außerdem können bei Leistungsverzweigten Getrieben im Anfahrbereich und bei langsamen Geschwindigkeiten hohe Blindleistungen entstehen, die sich negativ auf Dimensionierung, Gewicht und Kühlung der Getriebe auswirken.

[0010] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein hydrostatisch-mechanisches Leistungsverzweigungsgetriebe zu schaffen, bei dem bei Geschwindigkeit Null keine Kupplungen zu schalten sind, ein Fahrtrichtungswechsel zwischen vorwärts nach rückwärts ohne Verzögerungen möglich ist, das einen guten Wirkungsgrad aufweist und mit wenigen Fahrbereichen auskommt.

[0011] Ausgehend von einem hydrostatisch-mechanischen Leistungsverzweigungsgetriebe der eingangs näher genannten Art, erfolgt die Lösung dieser Aufgabe mit dem im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmal; vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0012] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass ein rein hydrostatischer Übergangsbereich für Geschwindigkeiten zwischen geringer Rückwärts- und geringer Vorwärtsfahrt ohne eine Bereichsübergabe und ohne das Schalten von Kupplungen, insbesondere bei Geschwindigkeit Null, und ein an diesen anschließender stufenlos hydrostatisch-mechanischer Fahrbereich mit Leistungsverzweigung für höhere Geschwindigkeiten vorgesehen ist.

[0013] Durch das erfindungsgemäße Leistungsverzweigungsgetriebe ist beim Wechsel von niedrigen Vorwärts- und Rückwärtsgeschwindigkeiten keine Bereichsübergabe erforderlich. In diesem Geschwindigkeitsbereich entfällt das Schalten von Kupplungen und es ist ein völlig stufenloser Antrieb möglich, so dass keine Leistungsunterbrechung entsteht.

[0014] Im Gegensatz zu den Getrieben nach dem Stand der Technik, die auch bei Geschwindigkeit  $v = 0$  leistungsverzweigt fahren, wird bei dem erfindungsgemäßen Getriebe, das in dem Übergangsbereich rein hydrostatisch fährt, eine Verminderung des Wirkungsgrades durch die Leistungsverzweigung und eine Erniedrigung der Zugkräfte auf jener Seite von  $v = 0$ , auf der Blindleistung auftritt, vermieden.

[0015] Für höhere Geschwindigkeiten sind weitere stufenlos an den Übergangsbereich anschließende leistungsverzweigte Fahrbereiche vorgesehen. Diese werden vorzugsweise durch ein vierwelliges Summierungsgetriebe mit zwei Planetengertrieben und ein Bereichsgetriebe mit vier

Stirnradstufen gebildet, die durch Kupplungseinrichtungen schaltbar sind. Insgesamt weist das Getriebe einen Rückwärtsbereich, den Übergangsbereich und zwei Vorwärtsbereiche auf. Das Getriebe ist leicht um zusätzliche Bereiche erweiterbar, indem beispielsweise parallel zu den bereits vorhandenen Stirnradstufen weitere Stufen mit Kupplungseinrichtung und entsprechend abgestimmter Übersetzung vorgesehen werden.

[0016] Das erfindungsgemäße Leistungsverzweigungsgetriebe wird vorzugsweise in Tunnelbauweise gefertigt. Es besteht aus drei Hauptwellen (Eingangswelle, Zwischenwelle, Abtriebswelle) die koaxial zu einander angeordnet sind, wobei auf der Zwischenwelle das hydrostatische Getriebe, das Summierungsgetriebe und das Bereichsgetriebe und auf der Abtriebswelle die Kupplungseinrichtungen angeordnet sind. Durch den Einsatz von drei Hauptwellen und vorzugsweise der Verwendung von Kegelritzeln ist eine einfache Anpassung an einen gewünschten Offset zwischen der Eingangswelle und der Abtriebswelle möglich.

[0017] Mit dieser Bauweise und der geringen Anzahl an erforderlichen Fahrbereichen kann erfindungsgemäß ein kurzes und kostengünstiges Getriebe verwirklicht werden, das einen guten Gesamtwirkungsgrad und einen guten Anfahrwirkungsgrad sowie mehrere Wirkungsgradmaxima aufweist.

[0018] Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert, in der ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel dargestellt ist.

[0019] Es zeigt:

[0020] Fig. 1 eine schematische Darstellung des Getriebes nach der vorliegenden Erfindung.

[0021] Der allgemeine Aufbau und die Funktionsweise hydrostatisch-mechanischer Leistungsverzweigungsgetriebe sind dem Fachmann bestens bekannt. Hier soll daher nur auf Besonderheiten der vorliegenden Erfindung eingegangen werden.

[0022] In Fig. 1 ist ein erfindungsgemäßes hydrostatisch-mechanisches Leistungsverzweigungsgetriebe mit einem hydrostatischen Getriebeteil 1 und einem mechanischen Getriebeteil 2 gezeigt. Das Leistungsverzweigungsgetriebe weist drei Hauptwellen auf: die Eingangswelle 3, die Zwischenwelle 4 und die Abtriebswelle 5. Die Eingangswelle 3 kann durch das Getriebe hindurch geführt werden und als PTO-Anschluss oder Zapfwellenantrieb dienen.

[0023] Der hydrostatische Teil 1 wird durch eine erste Hydrostateinheit A in Form eines Konstantmotors und durch eine zweite Hydrostateinheit B in Form einer Verstellpumpe in "back to back"-Anordnung gebildet. Die Einheit B ist auf der Zwischenwelle 4 angeordnet und wird über ein Stirnradpaar 6 durch die Eingangswelle 3 angetrieben. Die Einheit A ist mit der Welle 29 verbunden. In einer vorteilhaften Ausführungsform besteht der Hydrostat aus einer Verstellpumpe und einem Konstantmotor in der Größe von nahezu 75 ccm, womit ein Leistungsbereich von 115 PS abgedeckt werden kann.

[0024] Der mechanische Getriebeteil 2 besteht aus einem Summierungsgetriebe mit zwei aufeinander abgestimmten Planetengetrieben 7 und 8 und einem Bereichsgetriebe, das vier Stirnradstufen 9, 10, 11 und 12 aufweist. Das Summierungsgetriebe und das Bereichsgetriebe sind koaxial auf der Welle 29 vorgesehen und dem hydrostatischen Getriebeteil 1 nachgeordnet. Ein durch Weiterführen der Eingangswelle 3 vorgesehener PTO-Anschluss muss daher nicht durch das Summierungs- und Bereichsgetriebe geführt werden.

[0025] In dem Summierungsgetriebe wird über ein Stirnradpaar 13 die Drehung der Eingangswelle 3 auf eine erste Koppelwelle 14 des Planetengetriebes 7 geleitet. Die Koppelwelle 14 umfasst das Hohlrad 15 des Planetengetriebes 7

und den Stieg 16 des Planetengetriebes 8. Eine zweite Koppelwelle 17 umfasst den Stieg 18 des Planetengetriebes 7 und das Hohlrad 19 des Planetengetriebes 8. Eine erste Ausgangswelle 20 des Summierungsgetriebes ist mit der Koppelwelle 17 und eine zweite Ausgangswelle 21 ist mit dem Sonnenrad 22 des Planetengetriebes 8 verbunden. Das Summierungsgetriebe weist daher insgesamt vier Wellen auf.

[0026] In dem Bereichsgetriebe sind die ersten Zahnräder der Stirnradstufen 9 und 10 auf der zweiten Ausgangswelle 21 des Summierungsgetriebes, der Stirnradstufe 11 auf der ersten Ausgangswelle 20 des Summierungsgetriebes und der Stirnradstufe 12 direkt auf der Welle 29 angeordnet. Die zweiten Zahnräder der Stirnradstufen 9, 10, 11 und 12 sind auf der Abtriebswelle 5 vorgesehen. Ferner sind zum Schalten der einzelnen Fahrbereiche Kupplungseinrichtungen in Form von Klauenkupplungen 23 und 24 auf der Abtriebswelle 5 angeordnet. An dieser Stelle können die Kupplungen leicht hydraulisch angesteuert werden und es entsteht keine Drehzahlüberhöhung.

[0027] Die Funktionsweise des erfindungsgemäßen Leistungsverzweigungsgetriebes ist folgende: Das Anfahren des Fahrzeuges erfolgt rein hydrostatisch im Übergangsbereich. Dabei wird die Drehzahl des hydrostatischen Getriebeteils 1 direkt über die Stirnradstufe 12 auf die Abtriebswelle 5 geleitet, wobei die Kupplung 24 von Anfang an eingekuppelt ist (in der Zeichnung nach rechts) und über den gesamten Fahrbereich des Übergangsbereichs eingekuppelt bleibt. Durch ein Verstellen der Verstellpumpe B lässt sich die Ausgangsdrehzahl innerhalb des Fahrbereichs zwischen negativen und positiven Drehzahlen einstellen. Dadurch kann ein Geschwindigkeitsbereich von -5 km/h bis +5 km/h abgedeckt werden. Beim Übergang von Vorwärts- zu Rückwärtsfahrt und umgekehrt ist kein Schalten erforderlich.

[0028] Für höhere Geschwindigkeiten wird der hydrostatische Getriebeteil 1 mit dem mechanischen Getriebeteil 2 zu mehreren leistungsverzweigten Bereichen kombiniert. Dabei wird die Leistung zum einen aus dem hydrostatischen Getriebeteil 1 über die Welle 29, das Sonnenrad 25 und das Planetenrad 26 des Planetengetriebes 7 und zum anderen über das Zahnradpaar 13 auf die Koppelwelle 14 des Summierungsgetriebes geleitet. Auf diese Weise kann die Synchronzahl den einzelnen Bereichen angepasst werden.

[0029] Der Abtrieb für den ersten Vorwärtsfahrbereich erfolgt von der ersten Ausgangswelle 20 des Summierungsgetriebes durch Schalten der Kupplung 24 (in der Zeichnung nach links) über die Stirnradstufe 11 auf die Abtriebswelle 5. Im zweiten Vorwärtsfahrbereich wird die Leistung über die zweite Ausgangswelle 21 des Summierungsgetriebes durch Schalten der Kupplung 23 nach rechts über die Stirnradstufe 10 auf die Abtriebswelle 5 geleitet. Im Rückwärtsfahrbereich wird die Leistung ebenfalls über die zweite Ausgangswelle 21, aber durch Schalten der Kupplung 23 nach links auf die Stirnradstufe 9 übertragen. Die Drehzahlumkehr im Übergangsbereich und im Rückwärtsfahrbereich erfolgt durch Zwischenräder 27 bzw. 28.

[0030] Durch diese Aufteilung des Gesamtfahrbereichs in einen rein hydrostatischen Übergangsbereich für niedrige Vorwärts- und Rückwärtsgeschwindigkeiten und mehrere leistungsverzweigte Fahrbereiche für höhere Geschwindigkeiten entsteht ein shuttle-taugliches Getriebe, das einen Fahrtrichtungswechsel ohne jede Verzögerung und Leistungsunterbrechung ermöglicht.

Bezugszeichen

- 1 hydrostatischer Getriebeteil
- 2 mechanischer Getriebeteil

- 3 Eingangswelle
- 4 Zwischenwelle
- 5 Abtriebswelle
- 6 Zahnradpaar
- 7 erstes Planetengetriebe
- 8 zweites Planetengetriebe
- 9 Stirnradstufe
- 10 Stirnradstufe
- 11 Stirnradstufe
- 12 Stirnradstufe
- 13 Zahnradpaar
- 14 Koppelwelle des ersten Planetengetriebes
- 15 Hohlrad des ersten Planetengetriebes
- 16 Steg des zweiten Planetengetriebes
- 17 Koppelwelle des zweiten Planetengetriebes
- 18 Steg des ersten Planetengetriebes
- 19 Hohlrad des zweiten Planetengetriebes
- 20 erste Ausgangswelle
- 21 zweite Ausgangswelle
- 22 Sonnenrad des zweiten Planetengetriebes
- 23 Kupplung
- 24 Kupplung
- 25 Sonnenrad des ersten Planetengetriebes
- 26 Planetenrad des ersten Planetengetriebes
- 27 Zwischenrad Übergangsbereich
- 28 Zwischenrad Rückwärtsbereich
- 29 Welle

## Patentansprüche

- 1. Hydrostatisch-mechanisches Leistungsverzweigungsgetriebe mit stufenlos veränderlichem Übersetzungsverhältnis, das einen hydrostatischen Getriebeteil (1) bestehend aus einer ersten Hydrostateinheit (B) mit verstellbarem Volumen und einer zweiten Hydrostateinheit (A) mit konstantem Volumen und einen mechanischen Getriebeteil (2) bestehend aus wenigstens zwei Planetengetrieben (7, 8) als Summierungsgetriebe und mehreren durch Kupplungseinrichtungen (23, 24) mit der Abtriebswelle (5) verbindbare Stirnradstufen (9, 10, 11, 12) als Bereichsgetriebe aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein rein hydrostatischer Übergangsbereich für Geschwindigkeiten zwischen geringer Rückwärts- und geringer Vorwärtsfahrt ohne eine Bereichsübergabe und ohne das Schalten von Kupplungseinrichtungen (23, 24), insbesondere bei Geschwindigkeit Null, und ein an diesen anschließender stufenlos hydrostatisch-mechanischer Fahrbereich mit Leistungsverzweigung für höhere Geschwindigkeiten vorgesehen ist.
- 2. Leistungsverzweigungsgetriebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es drei Hauptwellen (Eingangswelle (3), Welle (29), Abtriebswelle (5)), ein Summierungsgetriebe aus zwei Planetengetrieben (7, 8) und ein Bereichsgetriebe mit vier Stirnradstufen (9, 10, 11, 12) aufweist, die einen Rückwärtsfahrbereich und zwei Vorwärtsfahrbereiche des hydrostatisch-mechanischen Fahrbereichs bilden.
- 3. Leistungsverzweigungsgetriebe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Summierungsgetriebe und das Bereichsgetriebe dem hydrostatischen Getriebeteil (1) nachgeordnet sind.
- 4. Leistungsverzweigungsgetriebe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der hydrostatische Getriebeteil (1), das Summierungsgetriebe und das Bereichsgetriebe koaxial zueinander auf der Welle (29) angeordnet sind.
- 5. Leistungsverzweigungsgetriebe nach einem der

vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kupplungseinrichtungen (23, 24) für die Stirnradstufen auf der Abtriebswelle (5) angeordnet sind.

6. Leistungsverzweigungsgetriebe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Hydrostateinheit (A) durch einen Konstantmotor und die zweite Hydrostateinheit (B) durch eine Verstellpumpe gegeben ist.

7. Leistungsverzweigungsgetriebe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Übergangsbereich zwischen nahezu  $\pm 5$  km/h erstreckt.

8. Leistungsverzweigungsgetriebe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es in Tunnelbauweise ausgebildet ist.

9. Leistungsverzweigungsgetriebe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass weitere Fahrbereiche durch zusätzliche zu den vorhandenen Stirnradstufen (9, 10, 11, 12) parallel angeordnete Stirnradstufen hinzufügar sind.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

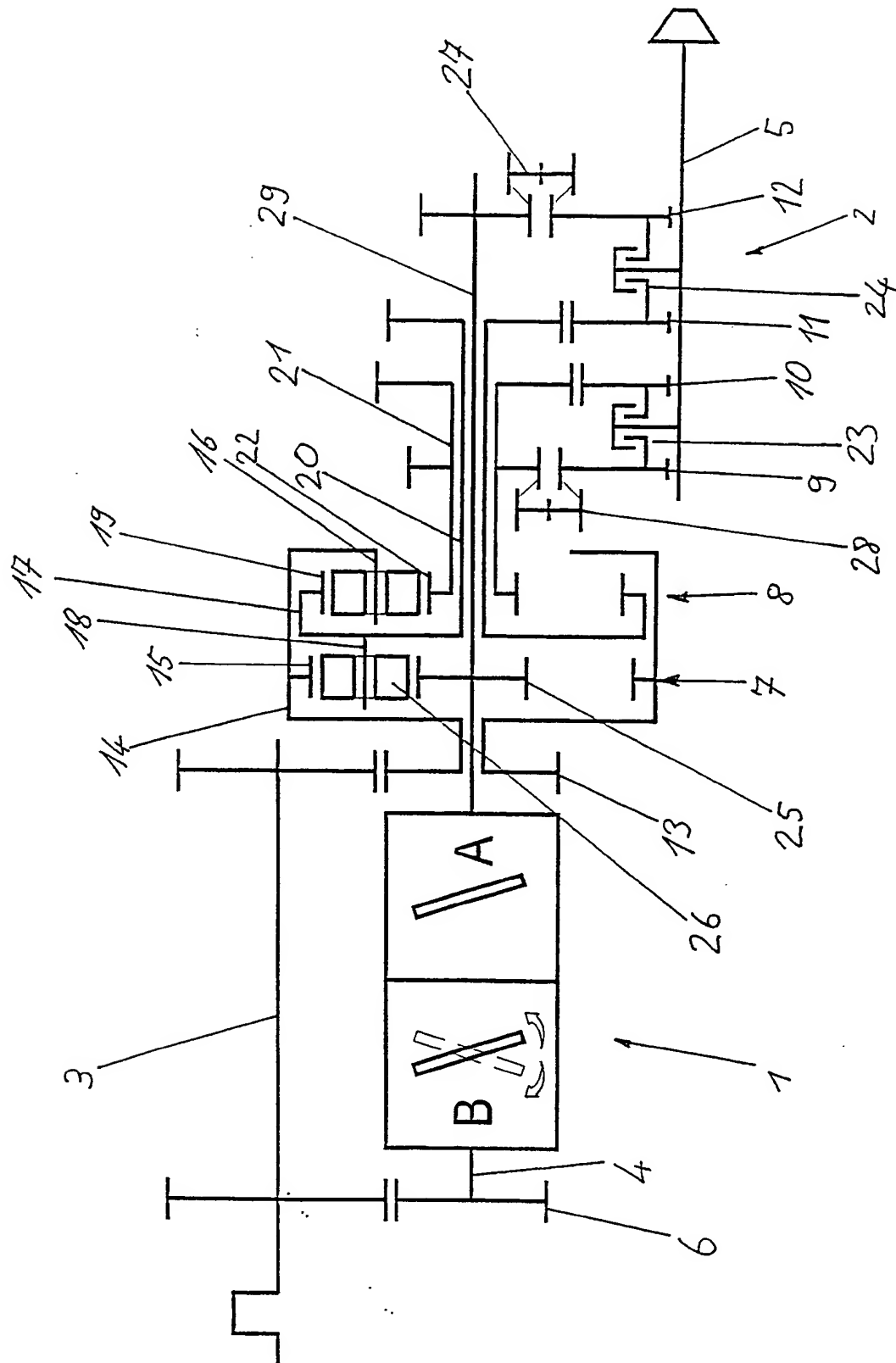


Fig.